Aus dem Anatomischen Institut
der Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg
Direktor: Prof. Dr. Nagel

Die Nebenhöhlen der Nase beim indischen Elefanten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

SIEGFRIED BOLDE
appr. Zahnarzt
aus Halle (Saale)

Halle (Saale) 1938

Eduard Klinz Buchdruck-Werkstätte Halle (Saale), Dölauer Straße 14

Aus dem Anatomischen Institut
der Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg
Direktor: Prof. Dr. Nagel

Die Nebenhöhlen der Nase beim indischen Elefanten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

SIEGFRIED BOLDE
appr. Zahnarzt
aus Halle (Saale)

Halle (Saale) 1938

Eduard Klinz Buchdruck-Werkstätte Halle (Saale), Dölauer Straße 14

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Alverdes.

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Hans Heinroth.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 1938.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät.

Meiner lieben Mutter!

INHALTSÜBERSICHT.

	Seite
Einleitung	5
Schädeluntersuchungen	5
1. Art, Größe und Bau des Untersuchungsschädels	5
2. Beschreibung des aufgemeißelten Schädels	6
3. Untersuchungen am durchschnittenen Schädel	7
a) Die Nasenhöhle	7
b) Die Sinus der linken Schädelhälfte	8
c) Lamina perpendicularis des Ethmoids und Vomer	12
d) Die Sinus der rechten Schädelhälfte	12
Zusammenfassung der Arbeit und Vergleich mit den Ergebnissen von Boas und Paulli	14
Schlußfolgerungen	20
Literaturnachweis	22
Lebenslauf	23
Bildanhang	25

EINLEITUNG.

Im hiesigen Anatomischen Institut wird seit mehreren Jahren ein Elefantenschädel wegen seiner interessanten Sinusbildung bei Vorweisungen gezeigt.

Über die Nebenhöhlen des Elefantenschädels wurden bisher wenig Untersuchungen durchgeführt. Weber („Die Säugetiere") bringt, dem Sinn des Werkes entsprechend, lediglich eine kurze Übersicht über den Bau des Elefantenschädels. Bei Denker und Peter sind einige Anhaltspunkte über die Entwicklung der Nasenmuscheln und Ethmoturbinalen der Säugetiere zu finden, jedoch ohne besondere Berücksichtigung beider Elefantenrassen. Das Lehrbuch der Zoologie von Plate enthält ein Schema über die Endo- und Ektoturbinalen des Ethmoids vom afrikanischen Elefanten. Das einzige größere Werk stammt von den Dänen Boas und Paulli. Diese beiden Autoren veröffentlichten eine vergleichend-anatomische Arbeit in englischer Sprache unter dem Titel „The elephant's head". Unter besonderer Berücksichtigung des Schädels vom Elephas maximus (indischer Elefant) führten sie ihre Forschungen an Hand eines großen Materials von feuchten und trockenen Schädeln durch. Für den Teil ihrer Untersuchungen über die Sinusbildung standen ihnen drei Schädel verschiedener Altersstufen zur Verfügung.

Es erschien erwünscht, weitere Nachforschungen über die Nebenhöhlen der Nase am Elefantenschädel vorzunehmen, zumal in der deutschen Literatur über diesen Punkt noch keine Arbeit erschienen ist. Deshalb wurde ich von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. Graf Haller von Hallerstein angeregt, in dieser Richtung Untersuchungen anzustellen.

SCHÄDELUNTERSUCHUNGEN.

1. Art, Größe und Bau des Untersuchungsschädels.

Der Untersuchungsschädel stammt von einem Tier der indischen Rasse. Es fehlen leider Unterkiefer, Stoßzähne und Jochbein. Offenbar verendete das Tier in einer sumpfigen Gegend; denn das Schädelinnere enthielt vor der Präparation für die Untersuchungen feinkörnigen, getrockneten Schlamm.

Unser Schädel hat eine Höhe, gemessen vom Os intermaxillare zum Os occipitale, von 785 mm und eine Länge, gemessen vom Os frontale zu den Condylen, von 500 mm. Obwohl der Schädel maceriert und fast fettfrei ist, beträgt sein Gewicht 33,5 kg. Die Größe des Schädels und die weitgehend verknöcherten Nähte lassen auf ein ausgewachsenes Tier schließen.

In der anatomischen Sammlung befinden sich noch zwei weitere Elefantenschädel: der eines erwachsenen Tieres vom Elephas maximus und der eines jugendlichen Tieres vom Loxodonta africanus. Der letztere Schädel war zur Feststellung der ehemaligen Knochengrenzen am Untersuchungsschädel besonders wertvoll. Für die Untersuchungen über die Sinusbildung konnte er leider nicht herangezogen werden, da sich in dieser Hinsicht die beiden Elefantenarten wesentlich unterscheiden. Bei dem zweiten Schädel vom indischen Elefanten mußte man von einer Präparation, die den Einblick in die Sinusbildung gestattet hätte, Abstand nehmen, da er zu einem vollständigen Skelett gehört.

Der Elefant frißt große Mengen vegetabiler Nahrung.

Nach Brehm besteht diese vorzugsweise aus belaubten Zweigen und Ästen. Deshalb besitzt er kräftige Molaren, die eine entsprechende Größenzunahme der Kiefer bedingen. Ferner sind die Intermaxillaria 1. Träger der schweren Stoßzähne und 2. die Ansatzflächen für die starke Muskulatur des Rüssels. Aus der Vergrößerung des Intermaxillare und des Prozessus dentalis der Maxilla ergibt sich ein fast senkrechter Verlauf der Nasengänge.

Das Wachstum des Schädels, insbesondere des Hirnschädels, erfolgt in der Weise, daß sich die äußere kompakte Rindenschicht von der inneren Rindenschicht der Knochen unter Bildung von Kammern entfernt. Diese Entwicklung vollzieht sich im wesentlichen postembryonal. An Stelle der Diploë treten Knochenlamellen auf, die fast senkrecht zu den Rindenschichten verlaufen. Da die entstehenden Höhlen (Sinus) von Schleimhaut überzogen und lufthaltig sind, sowie mit der Nasenhöhle direkt oder indirekt in Verbindung stehen, bezeichnet man den Vorgang als Pneumatisierung. Verglichen mit diesem starken Schädelwachstum ist die Größenzunahme des Cavum cranii gering.

Das Schädeldach wird vom Os supraoccipitale (Squama occipitalis) und vom Os parietale gebildet. Das Os parietale beteiligt sich außerdem bei der Bildung der Seitenwand der Schädelhöhle zusammen mit der Squama des Os temporale. Das Os frontale, welches das Dach der Orbita bildet, ist bedeutend kleiner als das Os parietale (Abb. 1 und 2). Der Prozessus post-orbitalis ossis frontalis ist so gering ausgebildet, daß er mit dem Os zygomaticum nicht in Verbindung tritt. Infolgedessen besteht eine breite Verbindung zwischen der Orbita und der Fossa infratemporalis. Das Jugulare erstreckt sich bis unter den Prozessus zygomaticus des Os temporale und reicht bis zum Kiefergelenk (Abb. 2 und 4).

2. Beschreibung des aufgemeißelten Schädels.

Entfernt man mit dem Meißel die äußere kompakte Rindenschicht des Maxillare, des Intermaxillare und der Knochen des Hirnschädels, so liegen die gewaltig entwickelten Lamellen der pneu-

matischen Höhlen frei. Kein anderes Säugetier besitzt derartig ausgedehnte und kompliziert gebaute Sinus. Es ist nicht leicht die Grenzen der Höhlen zu ermitteln, da die Knochennähte im zunehmenden Alter durch Verknöcherung mehr und mehr schwinden. Der einzige Schädelknochen, der keine pneumatischen Höhlen enthält, ist das Os zygomaticum (Abb. 3, 4 und 5).

Im Gesichtsschädel besitzen die Sinus bei weitem nicht die große Tiefe wie im Hirnschädel. Die tiefsten Regionen im Gesichtsschädel liegen benachbart der Nasenhöhle. Sie sind durch Knochenlamellen in Kammern geteilt, die jedoch in ihrem Umfang relativ größer sind, als die der Sinus des Hirnschädels. Die 1 mm bis 1,5 mm starken Knochenlamellen gehen in fast senkrechtem Verlauf von der inneren zur äußeren Rindenschicht. Sie werden noch verstärkt und gestützt durch bogenförmige Verstrebungen, die sich von der inneren zur äußeren Rindenschicht oder von Knochenlamelle zu Knochenlamelle erstrecken. Die hierdurch bedingte Festigkeit der Gesichtsschädelknochen ist besonders für das lange schmale Os incisivum — 430 mm lang und 130 mm breit — als Träger des Stoßzahnes von Bedeutung.

Die Tiefe der Sinus im Hirnschädel beträgt bis zu 250 mm, sodaß ihr Boden am aufgemeißelten Schädel nicht zu sehen ist. Das Os parietale und noch mehr das Os occipitale zeigen eine starke Verdichtung der Knochenlamellen, die durch geschlängelten Verlauf, der an Wellblech erinnert, hervorgerufen wird. Die Knochenlamellen der Pars cerebralis sind im Querschnitt wesentlich dünner, als die der Pars faciei. Ihre durchschnittliche Stärke beträgt nur 0,5 mm (Abb. 3, 4 und 5).

Ein, die beiden Schädelhälften trennendes Septum sinuum, ist nur beim Os nasale, Intermaxillare und Maxillare vorhanden. Dagegen fehlt es in der Pars cerebralis, während es andere Säugetiere (Pferd, Schwein, Wiederkäuer u. a.) aufzuweisen haben.

3. Untersuchungen am durchschnittenen Schädel.

Für die weitere Untersuchung der pneumatischen Höhlen war es notwendig, den Schädel zu zersägen. Der Sagittalschnitt wurde paramedian gelegt, um Vomer, Lamina perpendicularis des Siebbeins und das im Gesichtsschädel vorhandene Septum sinuum unversehrt zu erhalten.

a) Die Nasenhöhle.

Die Nasenhöhle führt fast senkrecht zum Pharynx. Sie hat einen bohnenförmigen Eingang (Apertura nasalis externa), der 270 mm breit und 110 mm hoch ist. Nach ihrem hinteren Ende zu verjüngt sich die Nasenhöhle unter seitlicher Abplattung. Das Cavum nasi wird durch ein knöchernes Septum, bestehend aus Mesethomoid (Lamina perpendicularis des Siebbeins) und Vomer in eine rechte und linke Hälfte geteilt.

Die Unterteilung der Nasengänge geschieht beim Säugetierschädel durch das Maxilloturbinale und das Nasoturbinale (Peter: Entwicklung der Nasenmuscheln bei Mensch und Säugetier). Jedes Cavum nasi wird auf diese Weise in drei Gänge geteilt. Beim Elefanten finden wir aber nur zwei Nasengänge. Der mittlere fehlt, weil das Maxilloturbinale bis auf eine basale Platte zurückgebildet ist und sich nur an der Bildung der Wand des Nasenganges beteiligt. Folglich entspricht der untere Nasengang dem unteren + mittleren Nasengang anderer Säugetiere (Abb. 7 und 8).

In den Wänden der Nasenhöhle liegt eine größere Anzahl Aperturen, die zu allen Sinus des Gesichts- und Hirnschädels die Verbindung herstellen.

b) Die Sinus der linken Schädelhälfte.

An der lateralen Wand der Nasenhöhle im unteren Nasengang liegt eine längliche faltenförmige Ausbuchtung von fast 110 mm Länge, in deren Mitte eine Öffnung in den Sinus maxillaris führt. Diese Einsenkung wird begrenzt vom Os intermaxillare, Os maxillare und Os frontale. Die Öffnung führt unmittelbar in die geräumige Kieferhöhle. Der Sinus ist von beträchtlicher Ausdehnung; denn er erstreckt sich weiterhin in den Prozessus dentalis und im harten Gaumen fast bis zu dessem hinteren Ende. Zerebralwärts reicht der Sinus bis an das ethmoidale System. Er springt ferner in den Prozessus zygomaticus vor und umschließt völlig den Canalis infraorbitalis (Abb. 3 und 4). Außerdem besitzt die Maxilla einen langen pneumatischen Ausläufer, der bis unter die Pars dentalis des Intermaxillare reicht.

Im Os intermaxillare finden wir zwei Sinus.

Sinus I hat die Form eines Keiles. In der Pars dentalis kommuniziert er mit dem Sinus maxillaris. Seine tiefste Stelle grenzt in einer Ausdehnung von 120 mm an die Nasenhöhle. Der Sinus verjüngt sich allmählich in Richtung auf die Alveole des Stoßzahnes und endet 110 mm vor dem Alveolenrand (Abb. 3). Der Eingang zum Sinus I des Intermaxillare liegt 40 mm oberhalb der Apertura zum Sinus maxillaris, in der oben erwähnten faltenförmigen Ausbuchtung (Abb. 8).

Im vorderen Nasenraum sieht man an der lateralen Wand (benachbart zum Eingang des Sinus nasalis, der im folgenden Abschnitt beschrieben wird) noch zwei Öffnungen, deren Durchmesser fast der Stärke eines kleinen Fingers entspricht. Sie führen in den etwa apfelgroßen Sinus II des Intermaxillare (Abb. 3).

Anschließend an die äußere Nasenöfffnung, also ebenfalls im vorderen Nasenraum, befindet sich in dem Divertikel an der ventralen Fläche des Os nasale, dicht an seiner Naht zum Intermaxillare, eine große Öffnung. Sie hat ovale Form, ist 55 mm hoch und 35 mm breit (Abb. 3). Durch sie gelangt man in den Sinus nasalis, der

für den Elefanten spezifisch ist. Diese große Höhle mißt 220 mm in der Höhe (vom Cavum cranii bis zum Apex des Os nasale). Der Sinus ist nach der äußeren Rindenschicht zu gekammert. Sein Hauptteil, der benachbart dem Septum sinuum und dem Cavum cranii gelegen ist, hat annähernd die Form einer Kugel und besitzt mehrere Divertikel. Das distale Ende dieses kugelförmigen Sinus nasalis steht mit den Höhlen des Os frontale und der angrenzenden Knochen in Verbindung (Abb. 6, 7 und 8).

Unterhalb der großen Apertura zum Sinus nasalis entspringt an der lateralen Wand der Nasenhöhle das Nasoturbinale. Auf Abbildung 8 sieht man die Kammern das Nasoturbinale, da es beim Durchschneiden des Schädels geöffnet wurde. Dieser Knochen ist 105 mm lang. Er schmiegt sich eng an die Ursprungswand an, nur sein hinteres Ende springt frei in das Lumen der Nasenhöhle vor. Das Nasoturbinale ist nur wenig größer als die Siebbeinmuscheln, die später beschrieben werden. Die Kleinheit des Nasoturbinale kann als Folge der Aufrichtung und Verkürzung der Nasengänge durch stärkere Ausbildung des Gesichtsschädels angesehen werden.

Unter dem Nasoturbinale versteckt befindet sich an der lateralen Wand des Cavum nasi eine schlitzförmige etwa 10 mm lange Öffnung, die in den zugehörigen Sinus führt. Der Sinus des Nasoturbinale ist in vier kleinere Kammern geteilt. Eine Verbindung zum Sinus nasalis besteht nicht. Der hintere Abschnitt des Nasoturbinale wird vom ethmoidalen System aus pneumatisiert. Nach Denker (Handbuch der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde) ist dieser Abschnitt am Weichteilschädel der Säugetiere mit Riechepithel überzogen.

Vor dem Zugang zum Sinus des Nasoturbinale fällt noch eine 20 mm lange und 3 mm breite Öffnung auf, die das pneumatische System des Os frontale und des Os parietale mit dem Cavum nasi verbindet.

Das Os ethmoidale ist der Ausgangspunkt aller Pneumatisationsvorgänge der Nase im Schädel der Säugetiere. Es bildet mit dem Os sphenoidale zusammen die Grenze zwischen Gesichts- und Hirnschädel.

Die Lamina cribrosa hat einen herzförmigen Umfang. Ihre Oberfläche ist nicht eben, sondern auf jeder Seite vom Cavum cranii aus, besonders nach vorn, wannenartig vorgewölbt. Durch einen Knochenkamm, welcher der Crista galli beim Menschen entspricht, wird die Lamina cribrosa in zwei Hälften geteilt. Die Form der Lamina cribrosa entspricht nach Boas und Paulli dem Bulbus olfactorius. Von der Lamina cribrosa aus erstrecken sich die vorderen Siebbeinzellen als langer flacher Ausläufer bis 70 mm unter den Sinus nasalis.

Die Ethmoturbinalia, die in einer cerebralen Ausbuchtung der Nasenhöhle liegen, springen in keiner Weise in den oberen Nasengang vor. Einschließlich dem Nasoturbinale gibt es sieben Muscheln, die

von Boas und Paulli als Endoturbinalia bezeichnet werden. Sie hängen fast senkrecht von der Siebplatte herab. Ihre basalen Lamellen sind verhältnismäßig breit. Die Oberfläche der Endoturbinalen wird noch vergrößert durch zahlreiche eingerollte sekundäre Knochenlamellen, die an ihnen entspringen.

Außer den Endoturbinalia haben Boas und Paulli beim indischen Elefanten noch 32 Ektoturbinalia festgestellt, die auch an der Lamina cribrosa entspringen. Diese Ektoturbinalen, auch Zwischenmuscheln oder Conchae obtectae genannt, entsprechen den Cellulae ethmoidales des Menschen.

Die Pneumatisation des Os sphenoidale erfolgt vom Os ethmoidale. Zwischen dem Sinus beider Knochen besteht keine Grenze. Die Fächer des Sinus sphenoidalis sind wesentlich kleiner als bei den anderen schon beschriebenen Knochen. Es zeigen sich keine senkrecht durchgehenden Knochenlamellen. Das Keilbein und sein Prozessus pterygoideus bestehen zum weitaus größten Teil aus oft nur linsen- bis erbsengroßen Zellen (Abb. 7 und 8). Nur im Basissphenoid (Corpus ossis sphenoidalis) ist eine größere Kammer vorhanden. Es ist anzunehmen, daß, im Gegensatz zu den anderen Schädelknochen, das Keilbein wegen der geringen Größenzunahme des Cavum cranii, an den allgemeinen Wachstums- und Pneumatisationsvorgängen nur in geringem Maße teilnimmt und daher relativ klein bleibt. Die Zellen des Keilbeins verbinden sich durch einige kleine Foramina mit den Räumen im Oberkiefer und Schläfenbein. Auf Abbildung 2 und 4 ist der Prozessus orbitalis ossis sphenoidalis zu sehen, der den unteren Teil der Crista orbito-temporalis bildet. Versteckt unter der Crista orbito-temporalis liegt das Foramen opticum. Der Kanal des Nervus opticus verläuft im Keilbein. Er ist 130 mm lang und hat 8 mm Durchmesser. Auf Abbildung 7 ist sein Schnittpunkt mit einem schwarzen Stift markiert. Seine Eintrittsstelle ins Cavum cranii liegt 30 mm hinter der Lamina cribrosa.

Nunmehr werden die pneumatischen Höhlen des Os frontale, Os parietale, Os occipitale und der Squama temporalis besprochen.

Wie schon erwähnt, ist ein Septum sinum zwischen diesen Höhlen nicht vorhanden. Ferner ist es unmöglich, die ehemaligen Knochengrenzen mit Sicherheit festzustellen. Man hätte gerade in der Gegend der Nähte besonders starke Knochenlamellen vermuten können. Dies ist jedoch nicht der Fall, vielmehr sind die ohne erkennbares System angeordneten Fächer von nahezu gleicher Wandstärke (Abb. 3, 4, 5 und 6).

Etwa an der Stelle, wo sich die Nähte zwischen Squama temporalis — Os occipitale, Os parietale — Os oppipitale und Squama temporalis — Os parietale treffen, erreicht der Schädel seine größte Breite von 500 mm. An dieser kuppelartig gewölbten Stelle des Hirn-

schädels verdichten sich die Knochenlamellen zu der bereits erwähnten Anordnung in Wellblechform. Wegen dieser starken Schädelwölbung verlaufen die Knochenlamellen, sich trichterartig erweiternd, von der inneren zur äußeren Rindenschicht. Die Kammern mit größter Außenwand werden am Hirnschädel in der Squama temporalis gefunden.

Vom Os frontale erstreckt sich ein besonders großer Sinus durch das Os parietale und Os occipitale. Er hat folgende Zugänge:

1. Eine 20 mm lange und 3 mm breite Öffnung vor dem Zugang zum Nasoturbinale.
2. Fünf kleine Foramina unter dem hinteren Abschnitt des Nasoturbinale und zwischen 1. und 2. Endoturbinale.
3. Eine kleine Öffnung im hinteren Abschnitt des Sinus nasalis.

Im Os frontale bestehen ferner vier kleine Sinus (Abb. 6). Sie liegen hintereinander. 1 F und 2 F gehören zur Pars orbitalis des Os frontale. Sinus 1 F liegt lateral des Prozessus nasalis ossis intermaxillaris und pneumatisiert das Os lacrimale. Der Sinus 2 F pneumatisiert die Crista orbito-temporalis. An seiner Innenseite erreicht er das Cavum nasi. Die Sinus 3 F und 4 F grenzen an die Fossa temporalis. 4 F stößt an den Sinus nasalis, mit dem jedoch keine Verbindung besteht (Abb. 6).

Diese vier kleinen Sinus stehen untereinander und mit dem großen Sinus des Hirnschädels in Verbindung. Eine Kommunikation der Sinus 1 F und 2 F mit dem Sinus maxillaris ist nicht mit Sicherheit festzustellen.

Die Squama temporalis hat einen selbständigen Sinus. Er umschließt fast gänzlich den Meatus acusticus mit Ausnahme der ventralen Partie, in der eine lange, der Richtung des Gehörganges entsprechende Fissur zu finden ist (Abb. 4). Ferner schickt der Sinus einen Ausläufer in den Prozessus zygomaticus des Temporale. Der Sinus wird durch eine hohe Knochenlamelle, die in ihrem Verlauf etwa der Sutura squamosa entspricht, von den anderen pneumatischen Höhlen des Hirnschädels getrennt. Die Sinus des Hirnschädels verbinden sich mit ihm durch mehrere kleine Foramina in der Tiefe dicht am Cavum cranii.

Besonders bemerkenswert ist der mediane Teil des Supraoccipitale (Squama occipitalis). Hier liegt die lange tiefe Fossa ligamentorum, wo die starken Bänder und Muskeln des Nackens ansetzen. Sie ist 110 mm tief und wird von einem in der Sagittalebene liegenden 155 mm langen und bis zu 30 mm hohen Knochenkamm in zwei Hälften geteilt. Die Entfernung zwischen der Fossa ligamentorum und dem Foramen occipit. magnum beträgt 110 mm. Obwohl der Knochen des Os occipitale zwischen Bandgrube und Foramen occipit. magnum nur 15 mm bis 20 mm stark ist, finden wir in ihm pneumatische Kammern.

Die Pars basilaris ossis occipitalis wird von einem großfächrigen Sinus eingenommen, in dessen lateralen Teilen einige Foramina zu finden sind, die Verbindungen zu den anderen pneumatischen Höhlen des Os occipitale und zum Os sphenoidale herstellen. Außerdem schickt der Sinus occipito-basilaris je einen kleinen Ausläufer in den vorderen Teil der Condylen.

c.) Lamina perpendicularis des Ethmoids und Vomer.

Die Lamina perpendicularis, auch Mesethmoid genannt, ist an ihrem Ursprung 12 mm breit. Bei Betrachtung des Querschnittes erkennt man, daß sie kurz nach ihrem Ursprung eine maximale Stärke von 23 mm erreicht, sich dann ganz allmählich verjüngt und schließlich spitz ausläuft, ohne bis zu der gegenüberliegenden Wand der Nasenhöhle zu gelangen. Die schmale nach der Apertura externa zeigende Fläche, ist halbkreisförmig eingebuchtet, so daß sie sich als lange nach unten enger werdende Rinne darstellt (Abb. 3 und 7). Diese Rinne bildet die Ansatzfläche für das knorpelige Septum.

Der obere Teil des Mesethmoids wird durch einen kastenförmigen Sinus pneumatisiert. An seinem schmalen Begrenzungsflächen sind Ansätze zur Bildung kleinerer Nebenkammern zu sehen. Die Entwicklung ist aber nur bis zur Ausbildung flacher Grübchen und Knochenleisten gelangt. Die großen Flächen dagegen sind völlig glatt. Der Sinus steht in Verbindung mit den vorderen Siebbeinzellen (Abb. 7).

Der Vomer schließt sich an das Mesethmoid nach hinten an. Er entspringt am Os sphenoidale. Nur in dem nach der Apertura nasalis interna zu liegendem Ende des Vomer befindet sich ein keilförmiger Sinus von 70 mm Länge und 30 mm größter Breite. An den Sinuswänden entspringen einige papierdünne Knochenlamellen. Der Zugang zu diesem Hohlraum ist eine rechtwinklige Öffnung von 25 mm Länge und 6,5 mm Breite, die am caudalen Ende des Sinus liegt. Von der Sinuskammer führt eine kleine Öffnung zu den pneumatischen Höhlen des Keilbeins.

Der nicht pneumatisierte Abschnitt des Vomer ist eine dünne Knochenplatte von 1 mm bis 2 mm Stärke. Im Gegensatz zum Mesethmoid erreicht der Vomer die vordere Wand der Nasenhöhle und endet dort in einer 20 mm tiefen Furche.

d) Die Sinus der rechten Schädelhälfte.

Beim Vergleich von rechter und linker Schädelhälfte ergeben sich einige wichtige Unterschiede.

Der Sinus nasalis der rechten Seite zeigt einen völlig anderen Bau. Sein Zugang ist eine große herzförmige Öffnung von 65 mm Breite und 50 mm Höhe. Er liegt an der entsprechenden Stelle des Os nasale wie links (Abb. 3 und 7). Diese Apertura wird von zwei parallelen Knochenspangen in drei Abschnitte geteilt, die in die gleiche Anzahl Sinus führen.

Der an das Septum sinuum grenzende Sinus ist 120 mm lang. Sein distales Ende gabelt sich in zwei Abschnitte. Der innere Abschnitt steht mit den Sinus des Hirnschädels in Verbindung. Am äußeren Blatt des Os nasale, wo er gekammert ist, greift er über die Mittellinie hinaus in die linke Schädelhälfte über, was eine Ausbuchtung des Septum sinuum nach dieser Seite zur Folge hat. Der andere Teil des Sinus endet, ohne mit dem Hirnschädel in Verbindung zu treten.

Der mittlere Sinus hat die Form eines länglichen Schlauches mit ovalem Querschnitt. Er reicht nicht so tief abwärts wie der innen liegende Sinus. Er grenzt daher nicht mehr an das Cavum cranii. Auch hat er keine Verbindung zu anderen pneumatischen Höhlen. Sein distales Ende wird ebenfalls durch eine Knochenlamelle geteilt. Er ist 130 mm lang.

Der dritte lateral liegende Sinus ist bedeutend kleiner als die beiden anderen. Seine Länge beträgt nur 45 mm. Der Zugang ist fast kreisrund und liegt an der oberen lateralen Ausbuchtung der großen Apertura.

An der lateralen Wand des Cavum nasi befinden sich, wenige Zentimeter von der Apertura nasalis externa entfernt, drei lange flache Gruben, welche der Längsrichtung des Nasenganges parallel laufen. Die mittlere zugleich die längste dieser Gruben, mißt 65 mm.

Zur Beschreibung des linken Sinus nasalis muß folgendes hinzugefügt werden. Der linke Sinus hat am distalen Ende einen etwa apfelgroßen Ausläufer in die rechte Schädelhälfte. Der Ausläufer, der unten vom Cavun cranii begrenzt wird, drängt den rechten inneren Sinus nasalis, sowie des Septum sinuum nach rechts hinüber. Da aber der Sinus nasalis der rechten Seite eine Ausbuchtung nach links hat, die über dem eben beschriebenen Divertikel liegt, bekommt das Septum sinuum einen S-förmigen Querschnitt.

In der rechten Schädelhälfte sind im Os frontale in ähnlicher Weise kleine Sinus vorhanden, jedoch nur drei.

Der aus zwei Kammern bestehende Sinus 1 F gehört zur Pars orbitalis. Er pneumatisiert das Os lacrimale und grenzt nasenwärts an das Intermaxillare. Der Sinus 2 F pneumatisiert den oberen Abschnitt der Crista post-orbitalis. Er wird an der inneren Seite vom Cavum nasi und an der äußeren Seite von der Pars orbitalis und der Fossa temporalis begrenzt. Der Sinus 3 F grenzt außen auch an die Fossa temporalis, nach hinten an die großen Sinus des Hirnschädels und nach innen in Form eines spitzen Ausläufers an den Sinus nasalis (Abb. 6).

Vom rechten Nasengang führen zwei Zugänge in die pneumatischen Kammern des Os frontale. Der erste liegt unter dem oberen Ende des Nasoturbinale. Die Öffnung ist 10 mm lang und 3 mm breit. Der zweite etwa erbsengroße Zugang ist unter dem distalen Ende des Nasenturbinale zu finden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ARBEIT UND VERGLEICH MIT DEN ERGEBNISSEN VON BOAS UND PAULLI.

Um die Übersicht zu erleichtern, sollen in Folgendem die Ergebnisse in Tabellenform dargestellt und mit der Arbeit von Boas und Paulli verglichen werden.

Bei diesen Autoren finden wir eine eingehende Beschreibung der Sinusbildung in der linken Schädelhälfte von Elefant „h". Für den Nachweis der Variabilität beider Schädelhälften benutzten Boas und Paulli den Schädel von dem 3—4 jährigen Elefanten „c". Da die Sinusbildung bei einem so jungen Tier noch in Entwicklung begriffen ist, kann dieser Schädel leider nicht zum Vergleich herangezogen werden.

Elefantenschädel des Anatom. Institutes, Halle.		Beas und Paulli.
Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite des Schädels von Elefant „h“.
Maxilla: Ein großer Sinus. Er erstreckt sich bis in den harten Gaumen, in die Pars dentalis d. Intermaxillare bis zur Orbita und bis zum ethmoidalen System. Der Canalis infraorb. wird von ihm völlig umgeben. Sein Zugang liegt an der lateralen Wand d. Nasenhöhle. Die Knochenkammern sind relativ groß.		Ein großer Sinus, der den Canalis infraorb. umschließt, sich weiterhin in den harten Gaumen und in den Proz. zygomaticus ausdehnt. Auch das Intermaxillare wird von ihm pneumatisiert.
Intermaxillare: a) Ein langer keilförmiger Sinus. Tiefste Stelle grenzt an das Cavum nasi. Der Zugang liegt dicht über d. Öffnung zur Kieferhöhle. b) Ein runder apfelgroßer Sinus, der nicht gekammert ist. Zwei Zugänge im vorderen Nasenraum.	Nur ein Sinus. Er erstreckt sich bis an die laterale Wand der Nasenhöhle.	Der Intermaxillarsinus ist völlig reduziert. Die Pneumatisation wird von der Kieferhöhle übernommen.

Os zygomaticum: Nicht vorhanden.	Nicht vorhanden.	Keine Sinusbildung.
Os nasale: Ein großer Sinus, der nur nach der äußeren Rindenschicht zu in Kammern geteilt ist. Ein Divertikel greift in der Tiefe auf die rechte Seite über. Der Zugang liegt an der ventralen Wand des Os nasale. Seine Maße betragen 55 mm Höhe, 35 mm Breite.	Ein Sinus mit drei nebeneinanderliegenden Abschnitten: a) Der innere Abschn. grenzt an das Sept. sinuum u. steht mit den Sinus des Hirnschädels in Verbindung. Er greift im oberen gekammerten Teil auf die linke Seite über. Ergebnis: Verdrängung d. Sept. sinuum nach links b) Der mittlere Abschnitt hat keine Verbindung zu anderen Sinus. c) Der lateral liegende Abschnitt ist kleiner als die beiden anderen. Keine Verbindung zu anderen Sinus. Maße der gemeinsamen Apertura: 50 mm Höhe, 65 mm Breite.	Ein großer mehrfächriger Sinus mit einem Divertikel nach der rechten Seite und einem Divertikel, der die Verbindung zu den Höhlen im Os frontale darstellt. Sein Zugang ist 75 mm hoch und 50 mm breit.
Nasoturbinale: Zwei Sinus: 1. Der Teil d. Nasoturb., der vom nasalen System pneumatisiert wird, ist von der lateralen Wand d. Cavum nasi zu erreichen. Er hat vier Kammern. 2. Der vom ethmoidalen System pneumatisierte Teil enthält drei Kammern.	Entsprechend.	Drei Sinus: 1. Zwei Sinus übereinander im hinteren Ende d. Nasoturbinale. 2. Ein dreieckiger flacher Sinus im vorderen Ende des Nasoturbinale.

Os ethmoidale: Lamina cribrosa wannenartig aus dem Cavum cranii vorgewölbt. Sieben Endoturbinalia (einschl. Nasoturbinale) und 32 Ektoturbinalia. Sie springen, mit Ausnahme des Nasoturb., nicht in den Nasengang vor. Die vorderen Siebbeinzellen reichen bis unter die Sinus nasales. Das Mesethmoid enthält einen kastenförmigen flachen Sinus. An seinen schmalen Wandflächen bestehen kleine Grübchen.	Entsprechend. Mesethmoid nicht beschrieben.
Vomer: Im oberen Abschnitt ein 70 mm langer flacher Sinus mit einigen papierdünnen Knochenlamellen.	Nicht beschrieben.
Os sphenoidale: Keine senkrechte Lamellenstruktur. Der Sinus und sein Proz. pterygoideus bestehen aus vielen kleinen kugelförmigen Kammern. Keine Grenze zum Sinus ethmoidalis. Das Os sphenoidale bildet den unteren Abschnitt der Crista orbito-temporalis. Der Canalis opticus verläuft in Sphenoid. Vom Sinus sphenoidalis bestehen Verbindungen zum Sinus des Basisoccipitale, der Maxilla und des Os temporale.	Mehrere unregelmäßige Sinus, die sich auch in den Proz. pterygoideus erstrecken. Verbindungen zum Basis-occipitale und zur Squama temporalis.

Os frontale:		
1. Vier kleine Sinus (1F—4F), die benachbart dem Intermaxillare und dem Cavum nasi liegen.	1. Drei kleine Sinus (1F—3F), die ebenfalls benachbart dem Intermaxillare und Cavum nasi liegen.	1. Drei kleine Sinus unter dem Sinus nasalis. 2. Ein größerer Sinus, der sich von der Pars orbitalis bis in das Intermaxillare erstreckt. 3. Ein großer Sinus, der sich bis unter den Sinus nasalis und in das Os parietale hinzieht.
2. Ein großer Sinus, der durch das Os parietale bis in das Os occipitale herabreicht.		
Die Zugänge zu den Höhlen des Os frontale (Os parietale und Os occipitale) befinden sich:		
a) Im linken Sinus nasalis.	a) Entsprechend.	
b) Unter dem hinteren Ende des Nasoturb. und zwischen 1. u. 2. Endoturbinale (5 Foramina).	b) Unter dem hinteren Ende des Nasoturbinale (1 Foramen).	
c) Oberhalb des Zuganges zum Sinus des Nasoturb.	c) Entsprechend.	
Os lacrimale:		
Kein selbständiger Sinus. Wird von Sinus 1F pneumatisiert.	Entsprechend.	Nicht beschrieben.

Os parietale und Os occipitale: Derselbe Sinus, der unter „Os frontale“ erwähnt wurde. An den Stellen der stärksten Schädelwölbung besteht Verdichtung der Knochenlamellen durch wellblechartige Anordnung. Größte Sinustiefe 250 mm.		(Os frontale), Os parietale, Os occipitale und Squama temp.: Ein großer Sinus. Er pneumatisiert den Rest des Frontale, den größten Teil des Os parietale (erreicht hier die größte Tiefe von 180 mm), das Os occipitale u. die Squama temp. Von der Squama temp. hat er einen Ausläufer in den Proz. zygomaticus. Er umschließt ferner den Meatus acust. ext. mit Ausnahme d. ventralen Partie.
Basisoccipitale: Ein großfächeriger Sinus mit je einem Ausläufer in die Condylen. Er steht in Verbindung mit den Höhlen des Occipitale und Sphenoids.		Ein mehrfächriger Sinus mit Verbindung zum Sinus sphenoidalis.
Os temporale: Ein großer Sinus. Er umschließt fast völlig den Meatus acusticus externus und pneumatisiert den Proz. zygomaticus. Mehrere kleine Foramina verbinden ihn dicht am Cavum cranii mit den Sinus des Os parietale, Os frontale und Os occipitale.	Entsprechend.	

SCHLUSSFOLGERUNGEN.

Die Pneumatisation von Schädelknochen ist bei allen größeren Säugetieren anzutreffen. Am häufigsten ist die Sinusbildung, die stets vom Os ethmoidale ausgeht, im Os sphenoidale, im Os frontale und in der Maxilla zu finden. Bei einigen Wiederkäuern, besonders beim Rind und bei der Giraffe kommen sehr große pneumatische Höhlen zur Ausbildung, die sich bis ins Os parietale und Os occipitale erstrecken können. Die Giraffe hat sogar einen Sinus nasalis. Stark ausgeprägte Sinusbildung ist auch bei den Schweinen vorhanden. Bei älteren Tieren können die pneumatischen Höhlen bis in das Os nasale und in das Os occipitale vordringen.

Beim Elefanten ist die Ausdehnung der pneumatischen Höhlen bei weitem am größten. Mit Ausnahme des Os zygomaticum sind sämtliche Schädelknochen pneumatisiert. Beim Vergleich der linken mit der rechten Schädelhälfte ergibt sich eine weitgehende Variabilität in der Sinusbildung. Diese Variabilität bezieht sich nicht nur auf die unterschiedliche Form entsprechender Sinus der beiden Seiten. Es können Sinus, die in der linken Schädelhälfte vorhanden sind, in der rechten Schädelhälfte vollkommen fehlen (Sinus II vom Intermaxillare und Sinus 4F unseres Untersuchungsschädels). Boas und Paulli finden in der linken Schädelhälfte bei Elefant „h", wie aus der Tabelle ersichtlich, keinen selbständigen Sinus intermaxillaris. In solchen Fällen wird die Pneumatisation von einem der angrenzenden Knochen übernommen.

Im Hauptteil der Arbeit ist betont worden, das die pneumatischen Höhlen mit der Nasenhöhle direkt oder indirekt in Verbindung stehen. Unser Untersuchungsschädel, der offenbar in sumpfigem Erdreich gefunden wurde, ist für diese Behauptung ein besonders guter Beweis. Der Schädel war unverletzt. Bei der Aufmeißelung stellte sich heraus, daß alle pneumatischen Höhlen bis in die feinsten Verzweigungen mit getrockneten Schlamm ausgefüllt waren. Der Schlamm kann nur über die Nasenhöhle in den Schädel eingedrungen sein.

Durch die Lamellenstruktur zwischen den kompakten Rindenschichten wird Material gespart und gleichzeitig höchste Elastizität und große Festigkeit des ganzen Schädels gewährleistet. Die äußere und innere Rindenschicht (mit Ausnahme der etwas stärker ausgebildeten Gehirnkapsel) hat beim Untersuchungsschädel dieselbe Stärke, wie die jeweils zugehörigen Knochenlamellen. Obwohl die Lamellenstruktur eine völlig unregelmäßige ist, kann man nicht von einer systemlosen Anordnung sprechen. In Schädelregionen mit besonders hoher Druck- und Zugbelastung finden wir eine auffällige Verdichtung der Knochenlamellen (Hirnschädel), bzw. eine Verstärkung des Lamellenquerschnittes (Gesichtsschädel).

Über die Gründe, die zur Pneumatisation von Schädelknochen führen, haben Paulli und Weidemüller (Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere) folgende Anschauung:

Durch die statische Beanspruchung der verschiedenen Schädelabschnitte und die Sonderbeanspruchung einzelner Knochen (z. B. Muskelansätze) kommt es zur Ausbildung funktionell nicht beanspruchter Hohlräume. Hinzu kommt, daß der Schädel aus morphologisch und funktionell ungleichwertigen Komponenten (Cavum cranii, Orbita, Cavum nasi usw.) besteht, deren Begrenzung nicht übereinstimmen und daher architektonisch tote Zwischenräume bilden. Aus diesen Räumen werden pneumatische Höhlen. Außerdem sind genügend starke Umgehungskonstruktionen notwendig, die den Augenhöhlen und der Nasenhöhle ausweichen. Der passive Charakter der pneumatischen Höhlen macht ihre Variabilität verständlich; denn sie tragen den die Gestalt bestimmenden Faktor nicht in sich. Als Füllmittel wird Luft verwendet, weil die Nasenhöhle benachbart liegt und auf ein anderes Füllmittel mit wertvollen Nebenfunktionen (Blutbildungsgewebe Fett, Körperflüssigkeit) verzichtet werden kann. Pneumatische Höhlen treten auch zur Beschaffung von Muskelansatzflächen und zum Ausgleich von Inkongruenzen benachbarter Schädelregionen auf. Die Sinusbildung ermöglicht gleichzeitig beträchtliche Umfangsvergrößerungen bei Gewichtseinsparung.

Es ist mir angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Graf Haller von von Hallerstein für die Überlassung der Arbeit zu danken.

LITERATURNACHWEIS.

1. Max Weber: Die Säugetiere. Fischer, Jena 1928.
2. Boas und Paulli: The elephant's head. Fischer, Jena 1908.
3. Alfred Brehm: Tierleben. Band III. Bibliographisches Institut, Leipzig und Wien 1891.
4. Karl Claus: Grundzüge der Zoologie. Elwertsche Verlagsbuchhandlung, Marburg und Leipzig 1876.
5. Peter: Entwicklung der Nasenmuscheln bei Mensch und Säugetier. Archiv für Mikroskopische Anatomie. Band 60 u. 80. Verlag von Friedrich Cohen, Bonn 1902.
6. Denker und Kahler: Handbuch der Hals- Nasen- Ohrenheilkunde. Band I. Julius Springer, Berlin und J. F. Bergmann, München 1925.
7. Bolk, Göppert, Kallius und Lubosch: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Band IV. Urban und Schwarzenberg, Berlin und Wien 1936.
8. L. Plate: Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. 2. Teil Fischer, Jena 1924.
9. W. Ellenberger und C. Mueller: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. August Hirschwald, Berlin 1896.

LEBENSLAUF.

Als Sohn des Gymnasialzeichenlehrers Wilhelm Bolde wurde ich am 12. März 1912 in Halle an der Saale geboren. Ich bin arischer Abstammung. Die Schule besuchte ich in Eisenach und Halle. Ostern 1933 bestand ich am Reformrealgymnasium zu Halle die Reifeprüfung und begann im Sommersemester desselben Jahres dortselbst das zahnärztliche Studium. Im März 1935 legte ich die zahnärztliche Vorprüfung und nach dem 7. Semester, am 29. Juni 1937, die zahnärztliche Prüfung an der Martin Luther-Universität zu Halle-Wittenberg ab. Nach der zahnärztlichen Prüfung widmete ich mich der Arbeit zu vorliegender Dissertation und war außerdem längere Zeit als Vertreter und Assistenzarzt in mehreren Privatpraxen tätig.

Eduard Klinz Buchdruck-Werkstätte Halle (Saale), Dölauer Straße 14
Spezialdruckerei für wissenschaftliche Werke und Dissertationen

BILDANHANG.

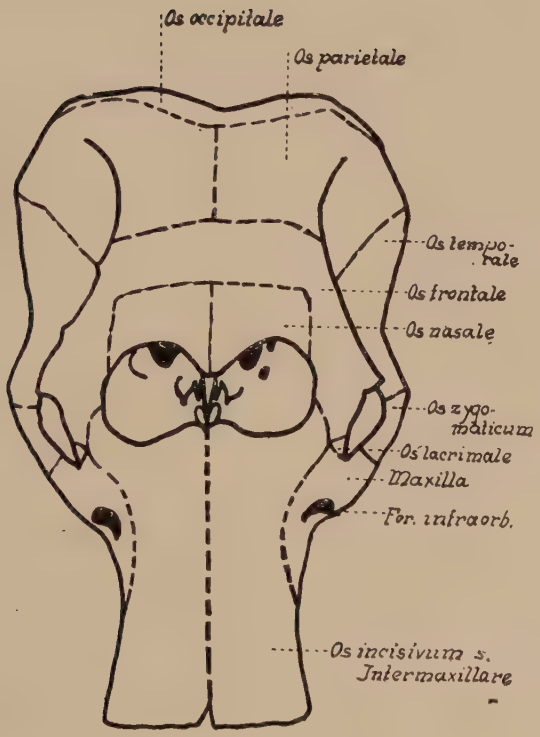


Abb. 1.

Ansicht von oben. Knochengrenzen schematisch eingezeichnet.

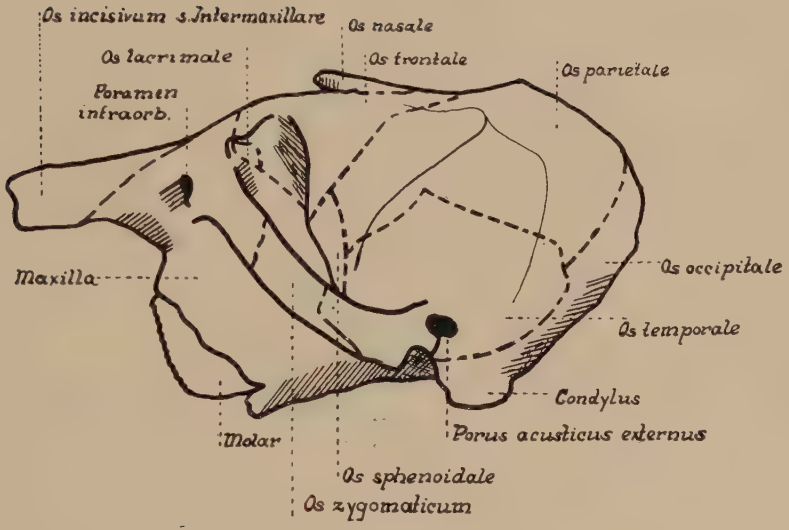


Abb. 2.

Seitenansicht. Knochengrenzen schematisch eingezeichnet.

Abb. 3.
Ansicht von oben auf den aufgemeißelten Schädel.

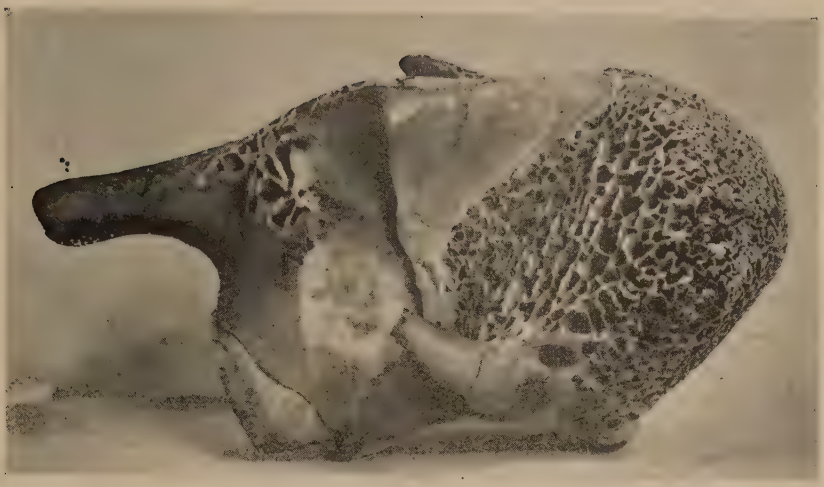


Abb. 4.
Seitenansicht des aufgemeißelten Schädels.

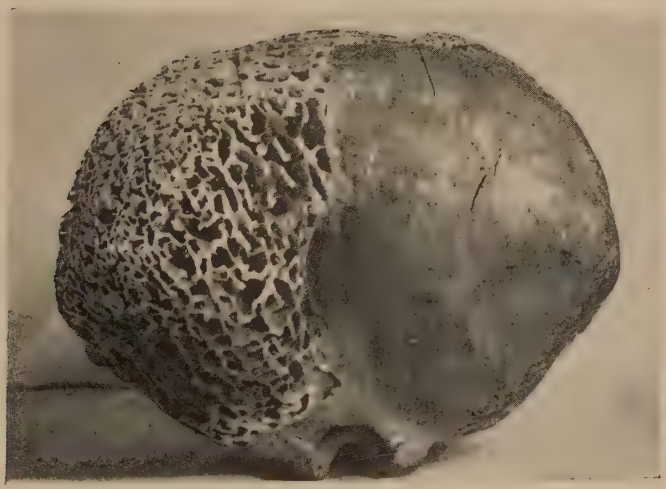


Abb. 5.
Ansicht des aufgemeißelten Schädels von dorsal.

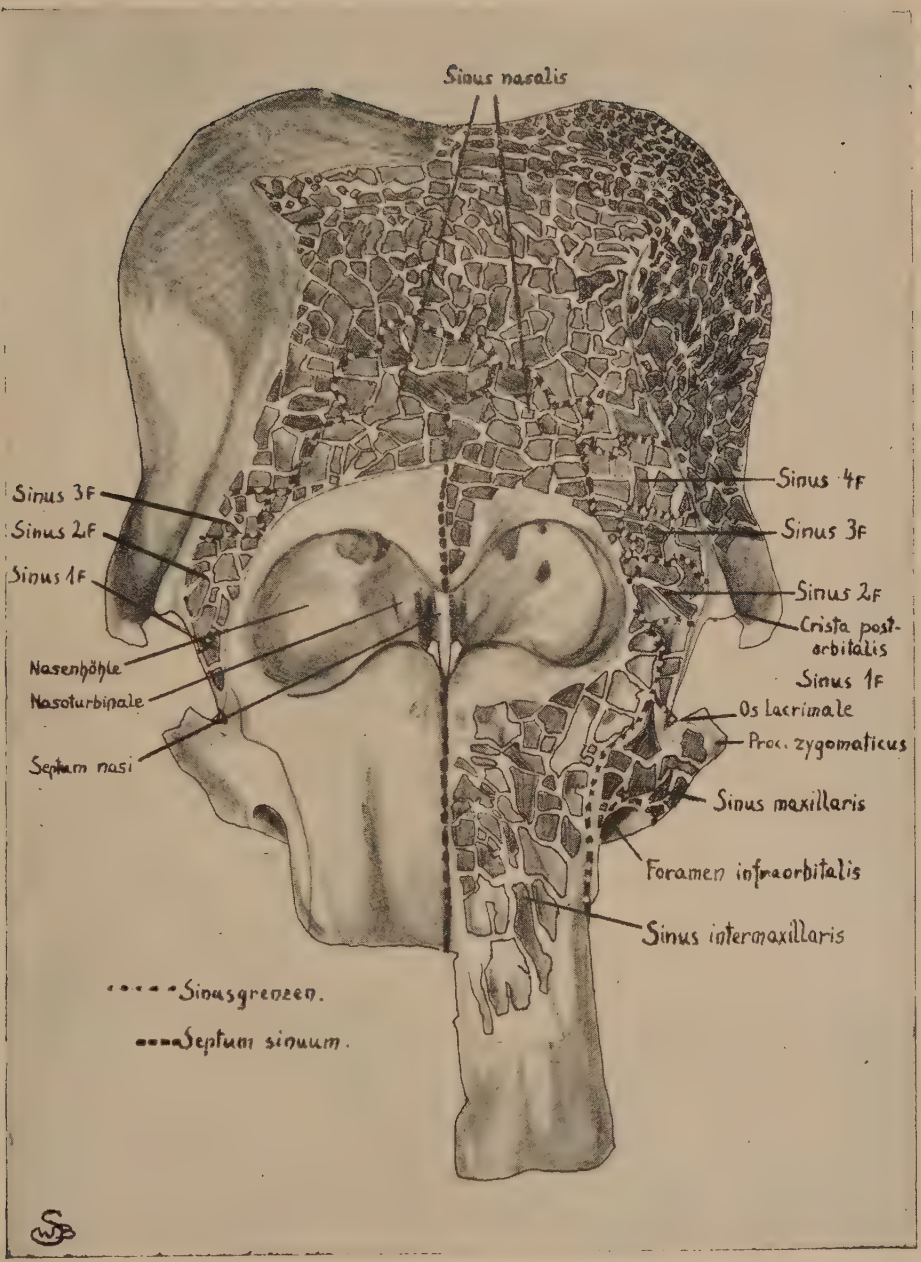
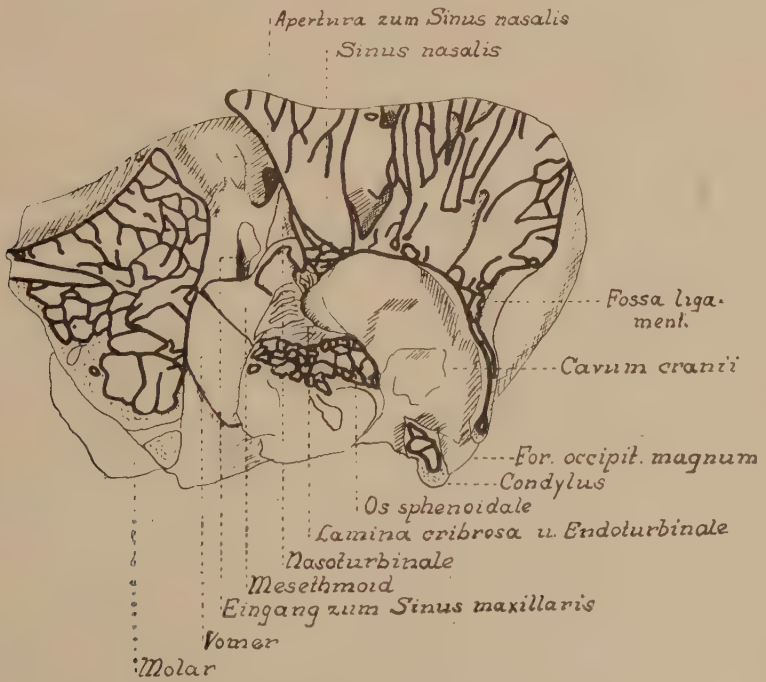


Abb. 6.
Ansicht von oben mit eingezeichneten Sinusgrenzen.

Abb. 7.
Sagittalschnitt durch den Untersuchungsschädel. Rechte Seite.



Erläuterung zu Abb. 7.

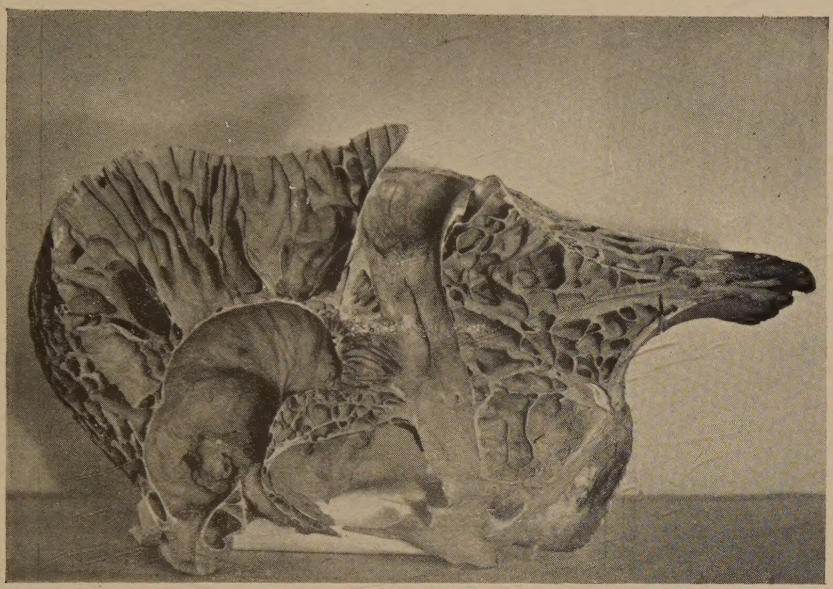
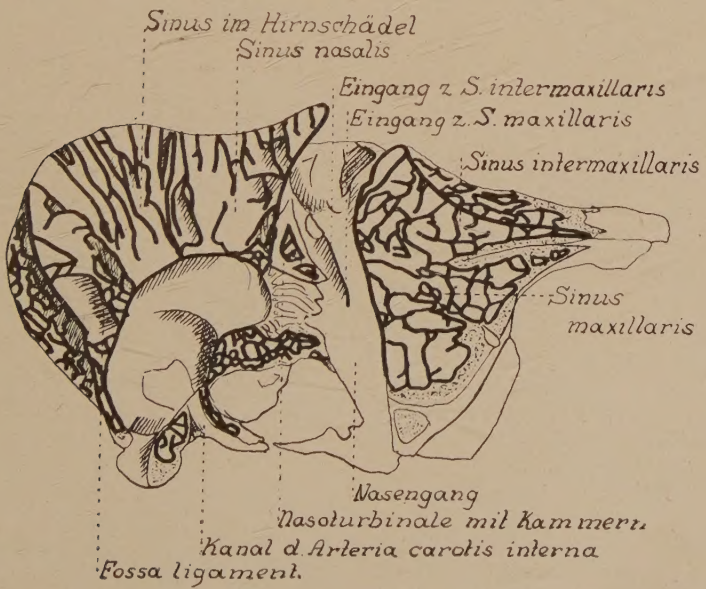


Abb. 8.
Sagittalschnitt durch den Untersuchungsschädel. Linke Seite.



Erläuterung zu Abb. 8.